

## **ПОПЕРЕРАБОТКА МЕТАЛЛОСодЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ПРОЦЕССОМ РОМЕЛТ ПРИ ПОДАЧЕ ТВЕРДОГО ВОССТАНОВИТЕЛЯ ЧЕРЕЗ ФУРМЫ**

### **Аннотация**

*Рассмотрено, что подача угля через дутьевые фурмы решающим образом интенсифицирует процесс восстановительной плавки в печи Ромелт, а также исследован способ эффективного использования угля в барботажном слое при его подаче через дутьевые фурмы, расположенные под уровнем ванны.*

*Ключевые слова: жидкофазное восстановление железа, процесс Ромелт, объемное восстановление, фьюмингование.*

### **RECYCLING OF WASTE CONTAINING METAL BY ROMELT PROCESS UPON SUBMITTING A SOLID REDUCING AGENT THROUGH THE TUYERES**

### **Abstract**

*There has been considered that innig of coal through tuyeres decisive intensification induces smelting reduction process in the furnace Romelt, as well as to explore efficient ways to use coal in the bubbling layer during its flow through tuyeres located below the bath.*

*Keywords: liquid-phase reduction of iron, Romelt process, volumetric reduction, fuming.*

Печи с барботажным слоем, в том числе печь Ромелт, является наиболее перспективными плавильными печами настоящего и ближайшего будущего. Суть процесса Ромелт заключается в восстановлении оксидов железа из железосодержащих отходов, а также руды, концентрата или окатышей. В качестве восстановителя используется углерод твердого угля, подаваемый в слой вместе с шихтой.

Разработка процесса РОМЕЛТ была начата в конце 1970-х годов в Московском институте стали и сплавов под руководством проф. В. А. Роменца. Наименование РОМЕЛТ («Российская плавка») процесс получил в начале 1990-х годов при выходе на международный рынок, а до этого был известен под названием процесс жидкофазного восстановления (ПЖВ) или плавка железосодержащего сырья в жидкой ванне [3]. При этом была поставлена задача создать процесс, который позволит осуществить в одном агрегате выплавку железоуглеродного полупродукта непосредственно из железосодержащего сырья и энергетического угля без их специальной подготовки.

Процессу Ромелт не сразу удалось выйти на восстановительный режим в шлаковой ванне. Методику расчета шихты и количество угля, подачу кислородного дутья в шлаковую

ванну и кислорода для дожигания газов приходилось уточнять опытным путем. Была составлена модель процесса, в которой агрегат рассматривался как двузонный: шлаковая ванна и надшлаковое пространство с дожиганием. В процессе освоения эта модель постоянно совершенствовалась для определения технологических режимов плавки.

Жидкофазное восстановление железа и формирование продукта в печи РОМЕЛТ при существующей схеме загрузки угля в слой в основном протекают в поверхностном слое шлаковой ванны, насыщенном частицами коксового остатка угля (КОУ), т. е. печь работает главным образом своей «поверхностью», а не «объемом».

Серьезной проблемой печи Ромелт является ее относительно невысокая производительность по перерабатываемому материалу. Связывается этот недостаток с тем, что восстановление железа из оксидов происходит в узком поверхностном слое ванны, насыщенном углем. Таким образом, большая часть объема барботажного слоя практически не участвует в процессе восстановления. Производительность печи по конечному продукту определяется интенсивностью перемешивания шлакового расплава, так как этим определяется, с одной стороны, объем железосодержащего расплава, проходящего через слой восстановителя у поверхности ванны, а с другой стороны – количество угля, захватываемого расплавом с поверхности и переносимого в объеме ванны. При практически реализуемых режимах продувки воздействовать на интенсивность перемешивания ванны невозможно. В этих условиях для повышения производительности процесс восстановления нужно перенести из поверхностного слоя в объем ванны. Для этого необходимо насытить ванну углеродом. Наиболее простой способ осуществить это мероприятие заключается в изменении схемы загрузки угля в слой. Вместо подачи его через свод совместно с шихтой целесообразно организовать вдувание угля с воздушно-кислородным дутьем, подаваемым через боковые фурмы, расположенные под уровнем барботажного слоя. При этом очевидно, что удельный расход угля не должен увеличиться, но в разы возрастет межфазная поверхность системы железосодержащий шлак-восстановитель, что приведет к увеличению производительности печи по науглероженному железу.

Восстановление железа в процессе Ромелт осуществляется из шлакового расплава различными восстановителями: газом, твердым углеродом и углеродом, растворенным в каплях металла. Восстановление железа из шлака с участием ооксованных частиц угля может реализовываться различными способами.

Прямое жидкофазное восстановление железа (1):



Косвенное восстановление железа (2):



В технологии Ромелт уголь вместе с твердой шихтой загружается через свод печи. Подача восстановителя через нижние фурмы и последующее восстановление оксидов металла в барботажном слое удачно применяются в шлаковозгоночных печах цветной металлур-

гии. В фьюминговых печах цветной металлургии аналогичным образом восстанавливаются металлы, такие как цинк и свинец (рис. 1).

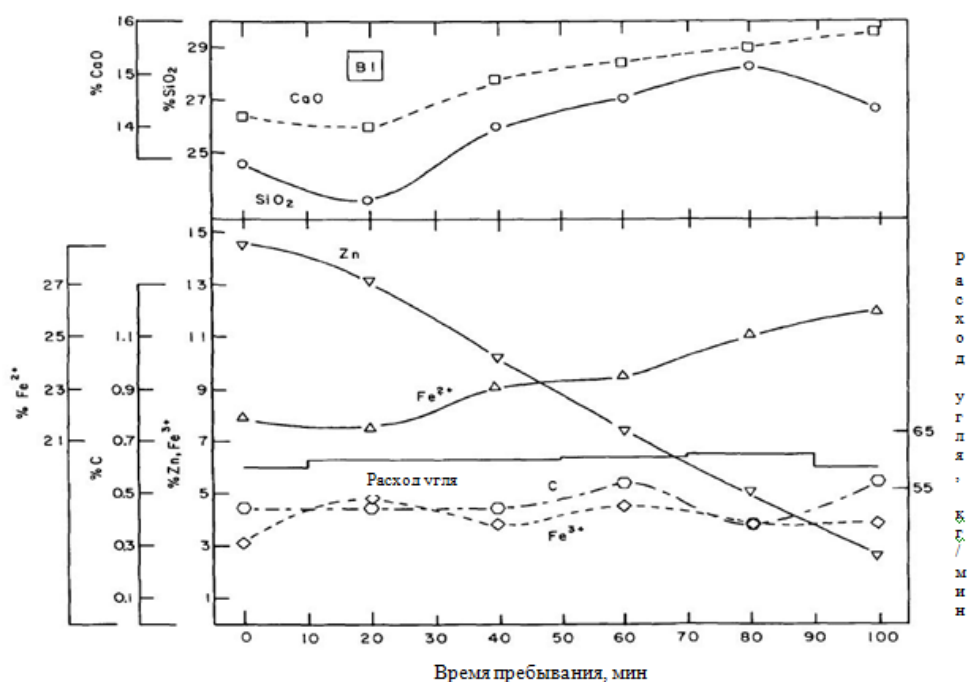


Рис. 1. Динамики процессов фьюмингования

Продувка ванны с помощью боковых фурм с подачей порошкового материала позволяет улучшить показатели работы печи. Например, увеличение массовой доли угля, внедрившегося в шлак в фьюминговых печах на 7 %, сокращает время продувки на 13,7 % и повышает эффективность фьюмингования на 13,3 %, соответственно в итоге достигается увеличение производительности печи [2; 6].

Осуществляя организацию подачи угля с воздушно-кислородным дутьем необходимо пересмотреть математическую модель процесса восстановления. В связи с изложенным нами принята многозонная модель технологического процесса, протекающего в ванне печи, согласно которой по характеру протекающих процессов ванну можно разделить на две зоны: (а) зону восстановления оксидов за счет углерода угля, попавшего в эту область и (б) зону окисления, зону с высокой концентрацией газа, в том числе кислорода, образующегося вблизи фурменной стенки, в которой сгорает уголь, попавший в эту зону, а также окисляется шлак, находящийся в ней. При существующем гидродинамическом режиме продувки ванны окислительная зона представляет собой область, прижатую к фурменным стенкам, заполненную газшлаковой смесью с высоким содержанием газа.

Проведенный анализ литературных данных и предварительный расчет позволили установить, что при вдувании угля через нижние фурмы использование угля происходит по трем статьям: 55 % от всего подаваемого углерода полностью сгорает в ванне, 33 % расходуется на восстановление оксидов металла, а 12 % выносятся из слоя вместе с уносом [4] (рис. 2).

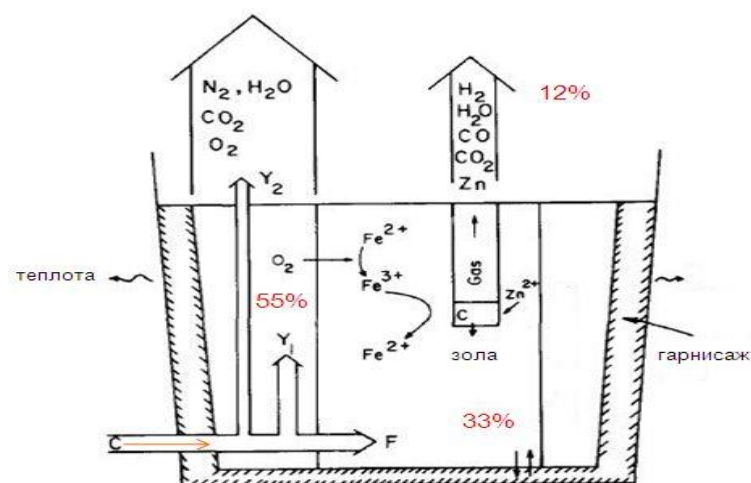


Рис. 2. Распределение углерода в объеме ванны

Каждая частичка угля, вводимая под уровень расплава, будет участвовать в процессе восстановления оксидов расплава все время, в течение которого она пребывает в объеме расплава. Таким образом, подача угля в слой через дутьевые фурмы интенсифицирует процесс восстановления в нем оксидов сразу в двух направлениях. Во-первых, увеличивается масса угля, находящаяся в объеме расплава, а во-вторых, каждая частица угля используется предельно эффективно в объеме ванны.

#### Список использованных источников

1. Сборщиков Г. С., Крупенников С. А. Универсальный энерготехнологический агрегат // *Металлург.* – 2009. – № 6.
2. Сурин В. А., Назаров Ю. Н. Массо- и теплообмен, гидрадинамика металлургической ванны. – М.: Металлургия, 1993.
3. Роменец В. А., Валавин В. С., Усачев А. Б. Процесс Ромелт: к 75-летию МИСиС // *Руда и металлы*, М.: МИСиС. - 2005. – 399 с.
4. Richards G. G., Brimacombe J. K. Kinetics of the zinc slag-fuming process: part 1. Industrial measurements –: *METALLURGICAL TRANSACTIONS B.* – 1985.
5. Колесников Ю. С. Исследование гидродинамики шлакоугольных суспензий и особенностей восстановления в них железа с целью совершенствования технологии процесса Ромелт: дис. к.т.н. – М.: МИСиС, – 2006. – 167 с.
6. Евдокименко А. И. Природный газ в цветной металлургии. – М.: Металлургия, – 1982.
7. Абрамович Г. Н. Теория турбулентных струй. – М., 1960.
8. Егоров Д. А. Совершенствование работы шлаковозгоночной печи на основе экспериментального и теоретического исследования процесса фьюмингования цинкосодержащих шлаков: дис. к.т.н. – М.: МИСиС, – 1989.
9. Разработать и внедрить процесс фьюмингования олово- и цинкосодержащего сырья с применением природного газа и кислорода: отчет института «Гинцветмет». – Москва–Чимкент–Усть-Каменогорск, – 1975.